

Probleme und Ergebnisse der Zwillingsforschung aus Biologie und Medizin

Kasek, Leonhard

Arbeitspapier / working paper

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Kasek, L. (1976). *Probleme und Ergebnisse der Zwillingsforschung aus Biologie und Medizin*. Leipzig: Zentralinstitut für Jugendforschung (ZIJ). <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-371108>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Probleme und Ergebnisse der Zwillingsforschung aus Biologie und Medizin

Die vorliegende Übersicht soll zur Diskussion anregen und helfen, unsere eigene Untersuchung vorzubereiten. Ich habe deshalb vor allem offene Probleme angeführt.

Breit referiert habe ich Untersuchungen, die wir ebenfalls durchführen könnten, während ich andere, die wir nicht selbst machen werden, nur knapp dargestellt habe (z.B. einige physiologische Eigenschaften).

Außerdem möchte ich darauf hinweisen, daß das Methodenarsenal der Humangenetik sich nicht auf die Zwillingsforschung beschränkt. Der Zwillingsvergleich ist weder die ideale Methode, noch die einzige. Wir sollten, um unsere Ergebnisse richtig einordnen zu können, auch die Nichtzwillingsuntersuchungen rezipieren, die für uns relevante Merkmale zum Gegenstand haben. Besonders die humangenetischen Familienuntersuchungen scheinen mir außerdem dringend einer methodologischen Kritik bedürftig. Als biologisches ZWIS-Minimum schlage ich die Beiträge von Frege und Hagemann et al. in "Beiträge zur Genetik und Abstammungslehre" Berlin 1976 (S. 1 - 256) vor.

Zur Häufigkeit von Zwillingen: Etwa jede 80. Geburt ist eine Zwillingsgeburt. Bis zum Jugendalter verringert sich die Anzahl allerdings etwas, da Zwillinge im Mittel eine höhere Säuglingssterblichkeit als Einzelkinder haben. Das betrifft die männlichen Zwillinge häufiger als die weiblichen (auch schon bei Spontanabortus). Die Häufigkeit von ZZ (nicht aber die von EZ!) wird dazu noch von folgenden Faktoren beeinflusst: Alter der Mutter, mütterliche Anlagen und verschiedene chemische Agenzien (z.B. orale Kontrazeptiva). ZZ sind etwa 2,3 - 2,6 mal häufiger als EZ.

1. Anatomische und morphologische Befunde

Die hierfür benötigten Meßwerte lassen sich in der Regel leicht ermitteln. Außerdem ist die große anatomisch-morphologische Ähnlichkeit von EZ gegenüber ZZ oft auch Voraussetzung für die Eigkeitsdiagnose (sogen. polysymptomatische Ähnlichkeitsdiagnose).

Tabelle 1: Durchschnittliche Verschiedenheiten zwischen jeweils gemeinsam aufgewachsenen EZ -, ZZ-Geschwistern und Geschwisterpaaren und getrennt aufgewachsenen EZ (aus Stern 1968, S. 564 nach Newman, Freeman, Holzinger)

Unterschiede in	EZ (zus.)	ZZ	Einzelgeschwister	EZ (getr.)
Größe (cm)	1,7	4,4	4,5	1,8
Gewicht (kg)	1,9	4,5	4,7	4,5
Kopflänge (mm)	2,9	6,2	-	2,20
Kopfbreite (mm)	2,8	4,2	-	2,85

Nur hinsichtlich des Gewichtes treten zwischen gemeinsam und getrennt aufgewachsenen EZ nennenswerte Unterschiede auf. Zwischen ZZ und Einzelgeschwistern treten, wie zu erwarten, keine nennenswerten Unterschiede auf.

Die folgende Tabelle enthält die Heritabilitätskoeffizienten für eine Reihe von Körpermerkmalen.

Tabelle 2: Schätzung des Heritabilitätskoeffizienten berechnet aus dem Mittelwert des F-Testes nach mehreren Autoren (aus Susanne/Defrise 1971 S. 205)

$$H = \frac{s_{ZZ}^2 - s_{EZ}^2}{s_{ZZ}^2} = 1 - \frac{s_{EZ}^2}{s_{ZZ}^2} = 1 - \frac{1}{F}$$

Schätzung des Heritabilitätskoeffizienten	Körpermessungen	Messungen an Kopf und Gewicht
0,85 - 0,90	Größe, Länge des Brustbeins, Länge der Arme, Länge der Mittelfinger, Länge der Mittelhandknochen	
0,80 - 0,85	Größe im Sitzen, Rumpflänge, Länge des Oberarmknochens, Länge des Radius (Speiche), Länge der Beine, Bau des Knies	
0,70 - 0,80	Gewicht, Durchmesser des Kehlkopfes	Gesamte Gesichtslänge, Höhe und Länge der Nase, Länge, Breite und Umfang des Kopfes, Höhe der Stirn
0,60 - 0,70	Umfang der Fäuste, der Knöchel, des Halses	Breite der Jochbeine, Breite der Gesichtsebschnitte, Maße der Ohren, (Kopfgröße?)
0,60 und weniger	Tiefe und Breite der Brust, Umfang des Unterleibes, Hüftumfang, Umfang der Arme, Umfang der Oberschenkel und der Waden	

Die Autoren meinen, daß in den vorⁿhergehenden Zwillingsuntersuchungen die Heritabilität der Kopfgröße unterschätzt wurde, Eltern-Kind Korrelationen fallen höher aus. Außerdem würde eine höhere Heritabilität der Kopfgröße besser mit dem entsprechenden Wert der Gesichtslänge korrespondieren.

Susanne und Defrise haben in ihrer Arbeit vor allen Korrelationen zwischen Eltern und Kindern ausgewertet. Sie führen u.a. eine Untersuchung von Howells an, der Korrelationen zwischen verschiedenen Körpermaßen einer Faktorenanalyse unterzog und dabei 7 Faktoren fand:

- allgemeiner Größenfaktor, der besonders auf die Körpergröße wirkt,
- ein Faktor, der die Länge der Röhrenknochen bestimmt
- ein Faktor, der die allgemeine Schädelgröße beeinflusst
- Hirnfaktor
- Faktor, der die Breite des Gesichts beeinflusst
- Faktor, der die Länge des Gesichts beeinflusst
- Faktor für die Entwicklung des Ohrs

(nach Susanne/Defrise 1971, S. 213).

Diese Faktoren können allerdings nicht ohne weiteres mit Erbanlagen identifiziert werden. Sie drücken aus, daß die Merkmalskomplexe, auf die sie sich beziehen, in gewissen Grenzen unabhängig voneinander variieren können. Dazwischen sind sicher die Erbanlagen beteiligt, aber auch Umweltfaktoren.

Aus den hohen Werten für die Heritabilität darf nicht ohne weiteres der Schluß gezogen werden, daß die Körpergröße fast vollständig von den Erbanlagen bestimmt wird. Die allgemeine Zunahme der Körpergröße im letzten Jahrhundert weist deutlich auf die Rolle der Umweltfaktoren hin. Faktoren, die auf alle Personen einer Gesellschaft bezüglich eines Merkmales gleich wirken, können durch die Zwillingsmethode nicht nachgewiesen werden. Je mehr sich die Arbeits- und Lebensbedingungen der Klassen und Schichten in einer Gesellschaft angleichen, desto mehr werden die Erbfaktoren für die Unterschiede der Körpergrößen verantwortlich, desto größer also die Heritabilität. Dieser Parameter wächst, je höher der Lebensstandard wird. Wenn die Umweltbedingungen nicht variieren, können sie nicht für die Merkmalsvarianz verantwortlich sein. Das heißt natürlich nicht, daß sie keinen Einfluß auf das Merkmal hätten. Im Zusammenhang mit den Intelligenzuntersuchungen komme ich darauf zurück.

2. Ontogenetische Daten

Auf biologische Reifungsprozesse haben die Erbanlagen sicher einen Einfluß. Am extrem hohen Alter der Einwohner des Kaukasus hat mit Sicherheit auch der Genpool dieser Population Anteil. Der Einfluß der Umwelt auf bestimmte Lebensdaten wird dabei immer größer, je weiter diese zeitlich von der Geburt entfernt sind.

Dazu die beiden folgenden Tabellen:

Tabelle 3: Durchschnittliche Unterschiede des Menarchealters bei EZ und ZZ nach Petri und Tisserand-Perier aus Straaß 1976, S. 107

	Petri		Tisserand-Perier	
	Anzahl der Paare	Unterschied in Monaten	Anzahl d. Paare	Unterschied in Mon.
eineiige Zwillinge	51	$2,8 \pm 0,33 \times$	46	2,2
zweieiige Zwillinge	47	$12,0 \pm 1,62 \times$	39	8,2

\times Standardabweichung

Die Werte für die eineiigen Zwillinge liegen dichter beieinander, auch die Streuung ist geringer. Das weist deutlich auf die Erbanlagen hin. Wieder zeigen besonders die Akzelerationsphänomene, welchen großen Einfluß die Umwelt hat.

Das mittlere Lebensalter wird ebenfalls genetisch mitbedingt:

Tabelle 4: Intra-paar-Unterschiede in der Lebensdauer von Zwillingen, die über 60 alt werden (aus Stern 1968, S. 569)

	Zahl der Paare	mittlerer Unterschied im erreichten Lebensalter (Monate)
EZ	18	36,9
ZZ	18	78,3

Die Lebensdauer wird sicherlich von sehr vielen Faktoren beeinflusst, z.B. Resistenz gegenüber Krankheiten, ev. Anlagen zu essentieller Hypertonie und anderen erblich mitbedingten Leiden.

Auch hier gilt: Je besser die Lebensbedingungen und je weiter entwickelt die Medizin, desto größer die Heritabilität beim Lebensalter. Noch vor wenigen Hundert Jahren dürfte diese rund Null gewesen sein.

3. Motorische Entwicklung

Die vorliegenden Ergebnisse sind recht uneinheitlich. Offensichtlich liegt bei jedem der untersuchten Merkmale das Verhältnis von Genotyp und Umwelt anders. Immerhin läßt sich die (recht triviale) Erkenntnis ableiten, daß durch Training alle motorischen Eigenschaften in mehr oder weniger breiten Rahmen verändert werden können.

"... Daß es allerdings Teilbereiche der Motorik gibt, in denen das Training weniger wichtig (wenn auch nicht ganz unwichtig) ist, geht aus den berühmten Untersuchungen von Gesell und Thompson (1929) hervor. Ihr Vorgehen ist als Kontrollzwillings-Methode (Co-twin-control method) berühmt geworden." (V. Bracken 1969, S. 460). Dabei wird ein Paarling trainiert und danach mit dem anderen Paarling, mit dem nicht trainiert wurde, verglichen. In den Versuchen von Gesell und Thompson mit etwa einjährigen Kindern holten die untrainierten Paarlinge den Vorsprung ihrer Geschwister nach Beendigung des Trainings in relativ kurzer Zeit wieder auf (meist binnen 2 Wochen). Das Training führte also nicht zu einem bleibenden Unterschied.

Tabelle 5: Erblichkeitsindizes, F-Werte und Signifikanzniveaus für motorische Tests bei EZ- und ZZ-Paaren
(nach Vandenberg 1962 aus v. Bracken 1969, S. 483)

		h^2	F	P	
Mirror Drawing	rechte Hand	70	3,38	1 %	
	linke Hand	24	1,31		$h^2 = \frac{s_{ZZ}^2 - s_{EZ}^2}{s_{ZZ}^2}$
Tweezer Dexterity	rechte Hand	71	3,40	1 %	
	linke Hand	63	2,73	1 %	
Barta Ana	rechte Hand	58	2,41	1 %	(Erblichkeitsindex nach Holzinger)
Dexterity-Test	linke Hand	05	1,05		
Hand Steadiness	rechte Hand	37	1,59		$F = \frac{s_{ZZ}^2}{s_{EZ}^2}$
	linke Hand	17	1,21		

Rotary Pursuit	rechte Hand	52	2,08	5 %	P = Signifikanzwert für F
	linke Hand	32	1,46		
Card Sorting	rechte Hand	61	2,57	1 %	
	linke Hand	71	3,42	1 %	

Mirror Drawing: der Proband zeichnet bestimmte Figuren, wobei er seine Arbeit nur mit Hilfe eines Spiegels beobachten kann.

Tweezer Dexterity: der Proband steckt mit einer Pinzette kleine Drahtnägeln in vorgebohrte Löcher.

Santa Ana Dexterity Test: Hölzerne Dübel müssen senkrecht in ein Brett gedreht werden.

Hand Steadiness: Tremometer, Messung der >Handruhe<

Rotary Pursuit: Messung der Auge-Hand-Koordination

Card Sorting: Sortieren von Spielkarten

v. Bracken (1969, S. 483) kommentiert die Ergebnisse wie folgt: "Interessant ist, daß Differenzen der Anhaltspunkte für Erbllichkeit herauskamen, je nachdem, ob eine Tätigkeit mit der rechten oder der linken Hand ausgeführt wurde. Ferner hat es den Anschein, als ob feine Handbewegungen stärker erbbedingt sind als größere Bewegungen, an denen Hand und Arm beteiligt sind. Ein Unterschied zwischen mehr oder weniger vertrauten Bewegungsformen war dagegen nicht festzustellen."

Anzumerken wäre, daß beide Formeln als Maß für die Erbllichkeit wenig geeignet sind. Bei h^2 wird die Streuung innerhalb der EZ als umweltbedingt unterprebiert, dieser "Umweltbetrag" wird von der Varianz der ZZ abgezogen, so daß der >Erbbetrag< übrig bleibt. D.h. nach dieser Formel müßte gelten:

$$s_{\text{gesamt}} = s_{\text{Umwelt}} + s_{\text{Gene}} \quad \text{Das ist mit Sicherheit zu einfach.}$$

Die Wechselwirkung von Erbwelt und Umwelt wird vernachlässigt.

Fraglich bleibt auch, ob Anlagen und Umwelt additiv wirken.

F vernachlässigt ebenfalls den Wechselwirkungsanteil und geht davon aus, daß Anlagen und Umwelt multiplikativ zusammenwirken. Das ist genauso unbewiesen, wie die Voraussetzung der Additivität bei h^2 .

Beide Werte können daher höchstens als grobe Schätzungen für die Erbllichkeit der betreffenden Eigenschaften interpretiert werden.

Das ist auch bei der Wertung der folgenden Ergebnisse zu beachten, die in neueren tschechischen Untersuchungen ermittelt wurden:

Tabelle 6: Heritabilitätsindizes (nach Holzinger) zu verschiedenen motorischen Leistungen (untersucht wurden 17 EZ und 13 ZZ) nach Kovár 1975 S. 174

Test	Maß	Heritabilitätsindex nach Holzinger
Koordinationstest	Zeit	0,403
Koordinationstest	Anzahl d. Fehler	0,279
Hochsprung	cm	0,325
Medizinball werfen	cm	0,785
Shuttle Run		0,848
Klimmzüge		0,354
Rumpfbeugen vorwärts	cm	0,895
Push-ups	Zahl	0,277
Sit-ups	Zahl	0,690
Dynamometrie: Armkraft	kp	0,680
" Handkraft	kp	0,632
" Körperkraft	kp	0,680
Ergometrie: Elbogenflexion	Zahl	0,652

Kovár folgert daraus, daß the impact of genetic factors appears to be higher in activities with speed and explosive strength and some marginal manifestations of strength (1975, S. 174). Jedoch seien die Ergebnisse nicht einheitlich, möglicherweise gehe der Einfluß genetischer Faktoren im Laufe der Ontogenese auch zurück.

Umfangreiche Daten über den Zwillingsvergleich bei motorischen Eigenschaften hat Sergijenko (1975) publiziert:

Tabelle 7: Muskelkraft von 22 und 24 (Gongulsenko 1975, S. 2)

	mittlere Differenz in den Punkten		M. Hand-Fähigkeits- Koeffizient nach Holsinger,
	22	24	
Beugen des rech- ten Unterarmes	2,62	2,35	-
Beugen des lin- ken Unterarmes	2,67	2,54	-
Strecken des rechten Unterarmes	2,92	2,61	-
Strecken d. lin- ken Unterarmes	3,17	3,32	0,233
Beugen d. rech- ten Hüfte	3,63	4,46	0,220
Beugen d. lin- ken Hüfte	3,79	3,60	-
Strecken d. rech- ten Hüfte	3,42	3,68	0,006
Strecken d. lin- ken Hüfte	3,52	3,60	-
Anziehen d. rech- ten Unterschen- kels	3,42	4,64	0,452
Anziehen d. lin- ken Unterschen- kels	4,13	5,08	0,421
Strecken d. rech- ten Unterschen- kels	3,35	3,60	0,199
Strecken d. lin- ken Unterschen- kels	2,57	3,36	0,308
Kumpfbeugen	4,96	4,69	-
Kumpfstrecken	14,08	16,24	0,359
rechte Hand beugen	3,26	3,75	0,167
linke Hand beugen	3,13	4,12	0,456

Umrechnen wurde die Durchschnitts- in Kilogramm Kraft der Grundlage
des Erhaltens (Tabelle) so kann man folgern, daß die Muskelkraft
viele, und die Belastungserfordernisse sind. (Gongulsenko 1975,
S. 2) Siehe 1. Teil auf Werte unterschiedlicher Belastung, durch
spezieller Gestaltung sind, die Variation der Muskelbelastungen offen-

sichtlich sehr groß, so daß die Verschiedenheit der Menschen bezüglich ihrer Muskelkraft mehr von Umweltfaktoren beeinflusst wird, als von den Anlagen. Allerdings wird der Heritabilitätskoeffizient größer ($H = 0,643$), wenn die Muskelkraft ins Verhältnis zum Körpergewicht gesetzt wird. Eine systematische Differenz zwischen links- und rechtsseitiger Heritabilität liegt bei diesen Ergebnissen nicht vor.

Wesentlich höher liegt der Heritabilitätskoeffizient für die Reaktionszeit bei motorischen Reaktionen: $H = 0,857$ für die Hände und $H = 0,714$ für die Füße. Dagegen weisen die Ergebnisse für die maximale Bewegungsfrequenz (gemessen in Schlägen pro 5 Sekunden) deutlich auf den Einfluß von Umweltfaktoren hin:

Tabelle 8: Maximale Bewegungsfrequenz (nach Sergijenko 1975, S. 11)

	mittlere Differenz in den Paaren		Streuung innerhalb der Paare		
	EZ	ZZ	EZ	ZZ	H
Frequenz der Handbewegung	2,71	2,31	6,10	4,38	-
Frequenz der Fußbewegung	3,29	3,31	9,10	9,85	0,076
zum Platz laufen	1,46	1,28	1,77	1,84	0,038

Es scheint also, daß auch das Temperament durchaus Umwelteinflüssen zugänglich ist. Die in einigen älteren Psychologielehrbüchern verbreitete Ansicht, daß das Temperament im wesentlichen angeboren sei, ist offensichtlich kaum empirisch geprüft worden. Es ist also ein Vorurteil, daß Mangels besseren Wissens von Generation zu Generation weitergereicht wurde.

Als letztes Beispiel aus dem umfassenden Material Sergijenkos seien Ergebnisse zur Elastizität von Gelenken vorgestellt (1975, S. 16).

Elastizität des Hüftgelenks $H = 0,700$, der Wirbelsäule $H = 0,841$ und des Schultergelenkes $H = 0,906$. Diese Eigenschaften werden offensichtlich stark von den Anlagen beeinflusst.

Insgesamt zeigt sich, daß die motorischen Leistungen in mehr oder weniger starkem Maße von den Erbanlagen mitbedingt werden.

Besonders die maximale obere Leistungsgrenze, die unter gegebenen Trainingsbedingungen erreicht werden kann, hängt von den Anlagen ab. Bei sportlichen Wettkämpfen ist nicht nur das Land mit den besten Trainingsbedingungen am erfolgreichsten, sondern auch das Land, das es versteht, die Kinder zu erkennen; bei denen das Training am erfolgversprechendsten zu sein scheint. Das müssen nicht immer die im Sportunterricht besten sein: Die anlagebedingten Unterschiede treten oft erst in der Nähe der maximal erreichbaren oberen Leistungsgrenze hervor.

4. Physiologische Eigenschaften

Zu diesem Problemkreis gibt es sehr viele Untersuchungen. Von vielen physiologischen Abnormitäten (z.B. solchen die auf dem Nichtfunktionieren von einzelnen Enzymen basieren) ist bereits der Erbgang bekannt. Die Zwillingsforschung trägt dazu bei, das Zusammenspiel von Umwelt und Erbwelt bei polygen bedingten Eigenschaften zu untersuchen. Kann eine Eigenschaft auf das Wirken eines Enzyms zurückgeführt werden, werden Zwillingsuntersuchungen faktisch überflüssig: mit dem Enzym kann die Anlage diagnostiziert werden (jedem Enzym entspricht ein Abschnitt auf der DNS des Genoms).

Im folgenden also überblicksartig einige Ergebnisse zunächst zu einigen Erkrankungen.

Tabelle 9: Konkordanzwerte einer Reihe von Krankheiten bei ein-eiigen und zweieiigen Zwillingspaaren (kombiniert nach mehreren Autoren) aus Freye 1976, S. 235

Krankheit	EZ	ZZ
Endemischer Kropf	0,70	0,71
Silikose	0,89	0,55
Koronarverschluß	0,33	0,27
Ulcus ventriculi	0,25	0,11
Rheumatische Arthrosis	0,50	0,05
Bronchialasthma	0,63	0,38
Diabetes mellitus	0,58	0,13
Thyreotoxikose	0,47	0,03
Tuberkulose	0,53	0,25
Epilepsie	0,54	0,24
Krebs: gleiches Organ	4,9 %	2,6 %
Krebs: verschiedene Organe	7,9 %	11,5 %

Der endemische Kropf und die Silikose werden unabhängig von den Anlagen durch Umweltfaktoren beeinflusst.

Dagegen handelt es sich bei der Zuckerkrankheit um einen Erbschaden (angeborene Unfähigkeit, Insulin zu synthetisieren), ob und wann sich der Diabetes manifestiert, hängt allerdings vor allem von Menge und ^{Art der} Nahrung ab. Wer bezüglich des Diabetes erblich gesund ist, kann essen was er will, er wird in keinem Falle an Diabetes erkranken, andererseits kann durch entsprechende Ernährung die Erkrankung auch bei erblich vorbelasteten verhindert werden. Lenz meint sogar, daß unter bestimmten Umständen (chronische Mangelernährung) die Anlagen, die bei zu reichlicher Nahrungsaufnahme Diabetes hervorrufen, positiv für ihren Träger wirken und erklärt damit die große Häufigkeit des Diabetes mellitus (1970, S. 244).

Das Gegenbeispiel ist die Tuberkulose. Sie wird durch Bakterien verursacht, der Verlauf der Krankheit wird aber neben Umweltfaktoren (Hygiene, Ernährung usw.) auch von Erbanlagen beeinflusst. Ähnliche Zusammenhänge sind für alle Infektionskrankheiten nachgewiesen. Beim Krebs spielen die Anlagen dagegen offensichtlich nur eine untergeordnete Rolle.

Herz- und Kreislauferkrankungen gewinnen zunehmend an Bedeutung, nicht zuletzt, weil es gelungen ist eine Reihe von Krankheiten und Seuchen als Ursache frühen Todes auszuschalten. Die Ergebnisse der Zwillingsforschung zeigen eindeutig, daß Erbfaktoren sowohl das normale Blutdruckniveau als auch krankhafte Abweichungen beeinflussen.

Tabelle 10: Durchschnittliche Differenz des Blutdrucks bei EZ und ZZ (nach Angaben aus Jörgensen 1969, S. 170)

	Anzahl	Blutdruckdifferenz in Torr
EZ	252	6,8
ZZ	206	12,2

Geschlechtsunterschiede bei ZZ spielen keine Rolle, dagegen werden die Blutdruckdifferenzen im zunehmenden Alter bei EZ geringer, bei ZZ nehmen sie dagegen zu. Andere Untersuchungen er-

brachten bei essentieller Hypotonie eine Konkordanz (d.h. beide sind erkrankt) von 50 % bei EZ und 22,9 % bei ZZ (Jørgensen 1969, S. 169). Neben den Anlagen spielen hier offensichtlich auch Umwelteinflüsse eine Rolle. Dabei ist der Ernährungszustand besonders wichtig. Bei EZ hat der schwerere Paarling fast immer auch den höheren Blutdruck. "Daneben vermag unzureichende körperliche Bewegung die Entwicklung eines Hochdruckleidens zu fördern, umgekehrt wirkt intensives sportliches Training blutdrucknormalisierend. Die Bedeutung anderer äußerer Faktoren wie psychischer Erregungen, geistiger Anstrengungen, Alkohol- und Nikotinmißbrauch usw. ist hingegen offenbar lange Zeit überschätzt worden." (Jørgensen 1969, S. 174) Die Erbanlagen führen also nicht zwangsläufig zu Bluthochdruck, sie beeinflussen aber die Grenzen, innerhalb derer ungünstige Umwelteinflüsse kompensiert werden können.

Bei der essentiellen Hypotonie (zu niedriger Blutdruck) zeigt sich ebenfalls eine Abhängigkeit von den Erbanlagen. Aufgrund der wesentlich geringeren Bedeutung der essentiellen Hypotonie liegen hierzu nur spärliche Befunde an Zwillingen vor. Es ergibt sich eine Konkordanz bei EZ von etwa 50 % (allerdings basiert dieser Wert nur auf Untersuchungen an 4 EZ-Paaren, siehe Jørgensen 1972, S. 501). Bei einer Häufigkeit von 2,2 % - 3,5 % des zu niedrigen Blutdruckes liegt dieser Wert weit über den Erwartungen für den Fall, daß beide Paarlinge von unabhängigen Faktoren beeinflusst werden.

In Analogie zur Hypertonie hatten hierbei die Probanden mit dem niedrigsten Körpergewicht auch den niedrigsten Blutdruck. Allerdings gleichen sich diese Differenzen nach Belastung aus. Die folgende Tabelle informiert über Zwillingsbefunde zu Fehlbildungen des Herzens (Angiokardiopathien und zu Ulcus ventriculi ant. duodeni (Magen- bzw. Zwölffingerdarmgeschwüre).

Tabelle 11: Zwillingsbefunde zu Angiopathien und Ulcus ventriculi ant. duodeni

	EZ	ZZ	Konkordanz in %
Angiokardiopathien	15,2 ± 4,4	4,1 ± 2,3	nach Fuhrmann 1972, S. 294
Ulcus	53	31	nach Lehmann 1972, S. 37

Angiokardiopathien werden durch die besonderen Bedingungen im Uterus bei EZ mitbedingt: Bei 65 - 85 % der EZ liegt eine sogenannte monochorische Plazenta vor (beide Paarlinge werden von einer Plazenta ernährt). "Bei diesem Plazentatyp finden sich häufig Anastomosen, die zu schweren hämodynamischen Störungen und Ungleichheiten zwischen den Zwillingspartnern führen können. Dadurch können Unterschiede im Geburtsgewicht, der Länge bei der Geburt, der Entwicklung der inneren Organe und in der Feinstruktur der kleinen Blutgefäße entstehen, die eine sekundär entstandene Diskordanz der eineiigen Partner darstellen."

(Fuhrmann 1972, S. 295) Unter EZ ist daher das Auftreten von Herzfehlbildungen, und zwar jeweils nur bei einem Partner deutlich begünstigt. Der vorliegende Konkordanzwert (siehe Tabelle 11) führt unter diesen Umständen zu einer Überschätzung der Wirkung exogener Faktoren nach der Geburt.

Hier deutet sich für unsere Fragestellung ein wichtiges Problem an: In vielen Fällen ist bereits während der Schwangerschaft ein Partner etwas begünstigt (in obigem Fall nur bei EZ). Dadurch kann auch die Hirnentwicklung bereits vor der Geburt beeinträchtigt werden. Auch die Lage im Uterus hat Einfluß auf die Geburt und dabei ev. auftretende Hirnschädigungen. In einer Reihe von Fällen sind die EZ schon bei der Geburt in verschiedenen Merkmalen nicht konkordant (auch in solchen, die für psychische Fragestellungen relevant sind), wird das nicht beachtet, kann der Einfluß von Umweltfaktoren, die die Entwicklung der Zwillinge nach der Geburt beeinflussen, überschätzt werden. Zumindest das Vorliegen von frühkindlichen Hirnschädigungen müßte für alle Zwillinge, die in unsere Untersuchung einbezogen werden sollen, überprüft werden.

Liebing (1972, S. 4) weist darauf hin, daß der zweite Zwilling besonders gefährdet ist, weil durch die anormale Lage und infolge der nach der Geburt des ersten Zwillings oft gestörten interplacentaren Kreislaufes die Entbindung sehr erschwert sein kann.

Interessante Ergebnisse erhielt auch Klissouras (1971). Er konnte zeigen, daß körperliche Leistungen, die über eine gewisse Zeit erbracht werden und damit von der Sauerstoffaufnahme und dem Milchsäureabbau im Blut abhängen, nicht unbegrenzt erhöht werden können. In Abhängigkeit vom Ausgangswert dieser Parameter

läßt sich durch Training eine Steigerung von Sauerstoffaufnahme und Milchsäureabgabe erreichen. Das ermöglicht größere Leistungen. Später gelingt es kaum noch, diese Parameter zu steigern, die von ihnen abhängigen physischen Leistungen können daher ebenfalls nicht unbegrenzt erhöht werden.

Tabelle 12: Maximale Sauerstoffaufnahme bei Zwillingen (EZ, 1 Jahr alt zu Beginn der Untersuchung) über eine Periode von 17 Monaten (gemessen in Millimeter D_z pro Minute und kg Körpergewicht) aus Klissouras 1971, S. 92

Testzeit	Trainiert	Untrainiert
Dezember 1968	49,19	35,97
März 1969	47,91	35,64
Dezember 1969	49,66	-
April 1970	48,95	34,39

Bemerkenswert ist, daß der trainierte Paarling in diesem Falle nur den Durchschnittswert der Population erreichte. Das Zwillingspaar war also offensichtlich nicht mit einer für physische Leistungen übertrieben günstigen Anlage gesegnet.

Außerdem fällt auf, daß Klissouras nur mit einem Paar EZ gearbeitet hat. Das ist möglich, weil es sich bei dem untersuchten Parameter nicht um eine Zufallsvariable handelt. Die durch Training zu erreichende Steigerung schwankt zwar in Abhängigkeit von den Anlagen. Die Tatsache, daß die Sauerstoffaufnahme bei intensivem Training gesteigert werden kann und dann konstant bleibt, gilt jedoch immer. Um diese Abhängigkeiten qualitativ zu umschreiben, genügt daher tatsächlich nur ein Paar.

Als letztes physiologisches Merkmal sei das Elektroencephalogramm dargestellt. Vogel (1961, S. 265) kommt in Auswertung empirischer Befunde zu dem Schluß, daß das normale, unter gleichen Bedingungen abgeleitete EEG des ausgereiften Gehirnes ausschließlich von der Erbanlage abhängig ist, ... es ergab sich weiterhin: Die Reifung dieser Funktion und der ihr zugrunde liegenden Strukturen in Rhythmus und Geschwindigkeit ist normalerweise ausschließlich durch die Erbanlage gesteuert." Auch bei getrennt aufgewachsenen EZ konnten keine Unterschiede nachgewiesen werden, die größer sind als die zu erwarteten Meßfehler. Dagegen

differenzieren die EEG von ZZ deutlich.

Die Rhythmen des EEG werden vor allem durch subkortikale Schrittmacher (z.B. des Thalamus) bzw. kortiko-subkortikale Erregungskreise bedingt. So kann der α -Rhythmus auf Impulssalven eines thalamischen Schrittmachers beruhen. Wichtig ist, daß sich nur synchrone Membranpotentialänderungen an benachbarten Zellen summieren und als EEG meßbar sind. Nichtsynchrone Änderungen der Neuronen würden einander auslöschen.

Die Zwillingsforschung zeigt, daß der Rhythmus, in dem die spontanen Schrittmacher des Gehirns arbeiten, angeboren ist. Die Umwelt entscheidet lediglich, welche Schrittmacher arbeiten. (Je nach allgemeinem Aktivierungsniveau werden spezifische EEG sichtbar.) Befinden sich zwei EZ im gleichen Aktivierungszustand (Schlaf, angestrengte geistige Tätigkeit, Angst etc.) zeigen sie identische EEG. (Zur Entstehung des EEG siehe Haschke 1976, S. 60 - 70).

5. Psychiatrische Krankheiten

Psychiatrische Abnormitäten haben großen Einfluß auf die Persönlichkeitsentwicklung. Da sie, wenn überhaupt, fast immer von sehr vielen Anlagen kontrolliert werden (eine Ausnahme ist z.B. die Phenylketonurie) liegen dazu verhältnismäßig viele Zwillingsbefunde vor.

Tabelle 13: Konkordanz von Epilepsie und idiopathischem Schwachsinn nach verschiedenen Autoren

	EZ: Anzahl der Paare	Konkord. %	ZZ: Anzahl der Paare	Konkord. %
Epilepsie	233	61	470	12 (nach Koch 1967 S. 10)
Schwachsinn	109	95	223	43 nach Zerbin - Rüdin 1967, S. 176

Es handelt sich durchweg um gemeinsam aufgewachsene Paare. Die Ergebnisse zeigen trotzdem eindeutig, daß es selbst bei ungünstigeren Lebensbedingungen (v.a. sozial-emotionale Deprivation, allgemeine Vernachlässigung durch die Eltern usw.) noch ungün-

stiger Anlagen bedarf, um die psychiatrischen Abnormitäten hervorzurufen. Die Anlagen beeinflussen hier wiederum die Grenzen, in denen sich die Umweltbedingungen bewegen dürfen, damit sich die Kinder "normal" entwickeln.

Manche Genetiker dehnen den Begriff "Penetranz" (von vollständiger Penetranz spricht man, wenn die (dominante-)Anlage in jedem Fall auch ausgeprägt wird, haben einige Individuen trotz vorhandener Anlage das Merkmal phänotypisch nicht ausgeprägt, spricht man von unvollständiger Penetranz) auch auf diese Problematik aus. Bei nicht vollständig (100 %) Konkordanten EZ sprechen sie davon, daß eine unvollständig penetrante Anlage vorliegt. Ich halte das für unzweckmäßig: Nach der Geburt werden nur noch wenige Nervenzellen neu gebildet, spätestens von 6 Jahren an hört die Bildung von Nervenzellen ganz auf. Die Bildung der Schwannschen Scheiden ist ebenfalls auf die ersten Lebensjahre begrenzt. Dabei ist die Geschwindigkeit, mit der die Neuriten isoliert werden, auch von bereits aufgenommenen Informationen und dem Umfang der zuverarbeitenden Reize abhängig. Lediglich die Anzahl der Dendriten und Synapsen nimmt bis zum 20. Lebensjahr zu. Ob das von psychischen Faktoren abhängt und Einfluß auf das Gedächtnis hat, wird diskutiert, ist aber noch nicht sicher nachgewiesen. Der größte Teil der für das Gehirn zuständigen Erbinformationen ist zum Zeitpunkt der Geburt realisiert. Die Umweltbedingungen, die im Kindes- und Jugendalter wirken, können daher nicht mehr die Reaktionskette $DNS \rightarrow RNS \rightarrow \text{Enzym} \rightarrow \text{phänotypisches Merkmal}$ beeinflussen, sondern es werden die Eigenschaften des bereits entwickelten Systems Gehirn verändert (z.B. indem die Leitfähigkeit von Synapsen verändert wird), Informationsspeicherung findet statt, indem auf die genetisch bestimmte Struktur des Gehirns aus der Umwelt aufgenommene Informationen abgebildet werden.

Diese beiden Stufen der Hirnentwicklung sollten auch begrifflich deutlich getrennt werden, den Terminus "Penetranz" würde ich nur auf die Information in der DNS anwenden (also auf Prozesse der ersten Stufe). Allerdings sind die beiden Stufen nicht scharf voneinander zu trennen. Das zeigt sich besonders bei den Schizophrenien, die möglicherweise durch Stoffwechselstörungen mitbe-

dingt werden, die sich z.T. erst im vorgerückten Alter manifestieren.

"Vor allem die neuen Zwillingsbefunde haben lebhaftere Bewegung und Anregung in die Schizophrenieforschung gebracht. Zum allgemeinen Erstaunen konstatierte Tienari (1963) in Finnland bei einigen Zwillingen (EZ) eine Konkordanzrate für Schizophrenie von 0 %, während Kallmann (1946) in den USA nicht weniger als 86 % und Slater (1953) in England immerhin 68 % gefunden hatten. Inzwischen hat sich herausgestellt, daß die Diskrepanz nicht ganz so gewaltig ist. Kallmann hatte bei der Errechnung seiner Zwillingskonkordanz stark nach dem Alter korrigiert, wesentlich stärker als andere Untersucher. Eine Neuauswertung seines Urmaterials durch Shields und Mitarbeiter (1967) ohne derartige Alterskorrektur ergab die wesentlich niedrigere Konkordanz von 59 %. Andererseits fand Tienari (1963) bei Nachuntersuchung und Überprüfung seiner Zwillingsserie, daß doch mindestens 6 % der EZ konkordant seien, bei weitester Fassung des Konkordanzbegriffes sogar 36 %." (Zerbin - Rüdin 1971, S. 460)

Für diese sehr verschiedenen Ergebnisse schlägt Zerbin-Rüdin folgende Erklärung vor:

- Stichprobenfehler, weil zu wenig Zwillinge untersucht wurden
- einige ältere Untersuchungen sind von Anstaltspatienten ausgegangen (also von besonders schweren Fällen) und haben davon Zwillingsgeschwister untersucht, bei schweren Fällen ist aber die Konkordanz höher als bei leichten
- unterschiedliche diagnostische Kriterien. "Hier muß ganz allgemein auf die Problematik der lapidaren Aussage "konkordant-diskordant" hingewiesen werden. Sie ist viel zu grob und setzt eine willkürliche Dichotomie, wo in Wirklichkeit eine Vielfalt von Abstufungen vorliegt. Die regelmäßige fotografische Treue der Zwillingspsychosen ist ein Märchen, und der Untersucher befindet sich häufig in Verlegenheit, ob er die recht atypische Psychose des Partners noch als Schizophrenie etikettieren soll oder nicht." (Zerbin-Rüdin 1971, S. 462). Dazu wurden von Gottesmann und Shields (1966) vier Gruppen gebildet, wobei der Partner 1. ebenfalls schizophren, 2. andersartig psychotrisch, 3. psychisch abnorm, aber nicht psychotrisch, 4. unauffällig war. Die Konkordanz für EZ beträgt: 1 = 42 %; 1+2 = 54 % und 1+2+3 = 79 %; für ZZ: 1 = 9 %; 1+2 = 18 %; 1+2+3 = 45 %.

- die untersuchten Populationen unterscheiden sich genetisch oder/und bezüglich der Umweltbedingungen voneinander (etwa innerfamiliäre Bedingungen: In Japan, wo es früher üblich war, bei Zwillingsgeburten ein Kind zur Adoption wegzugeben, erkrankte der in der Familie gebliebene Paarling häufiger an Schizophrenie als der andere (Zerbin-Rüdin 1971, S. 463)).

Bei einer Untersuchung der Umweltfaktoren zeigte es sich, daß sich kein einzelner Faktor nachweisen läßt, der zur Erklärung der Schizophrenie allgemein herangezogen werden kann. Offensichtlich kommt es mehr auf die Kombination mehrerer ungünstiger Faktoren an, die in ihrer Gesamtheit Schizophrenie-Auslösend wirken (in Abhängigkeit von den Anlagen). In diesem Faktorenbündel sind die einzelnen Komponenten wahrscheinlich austauschbar.

Alle Befunde deuten darauf hin, "daß zu einer psychotrischen Erkrankung zwar eine spezifische Anlage notwendig ist, daß aber keineswegs alle Träger dieser Anlage manifest erkranken. Der erkrankte Teil der Anlageträger gleicht dem aus dem Wasser ragenden Teil eines Eisberges ... Das Anlage-Umwelt-Problem ist in der genetischen Forschung stark in den Vordergrund gerückt. Freilich darf man nicht fragen, wie hoch der Anteil von Anlage und Umwelt sei, sondern man muß zu ergründen suchen, auf welche Art die beiden Faktoren zusammenarbeiten und ineinander greifen und wieso es kommt, daß das Resultat einmal eine psychotische Erkrankung ist und einmal nicht, und wieso die Erkrankungen symptomatologisch variieren." (Zerbin-Rüdin 1971, S. 459/460) Ähnliche Verhältnisse wie bei den Schizophrenien, für die Diebold (1973, S. 568) einen genetisch determinierten Varianzanteil von 82 % - 86 % angibt, ergeben sich für die sogenannten manisch-depressiven Psychosen.

Auch hierbei weichen die Ergebnisse einzelner Zwillingsuntersuchungen z.T. beträchtlich voneinander ab.

Tabelle 14: Konkordanzwerte manisch-depressiver Zwillingsserien (aus Diebold 1973, S. 570)

	EZ-Konkordanz	ZZ-Konkordanz
8 Serien	25 - 93 %	0 - 38 %
(1930-1967)	\bar{x} = 59 %	\bar{x} = 13 %

Zahlenverhältnis der Konkordanzmittelwerte: EZ:ZZ = 4,5:1

Von 9 getrennt aufgewachsenen EZ-Paaren, zu denen Veröffentlichungen vorliegen, verhalten sich 4 (= 44 %) psycho---konkordant. Nach Diebold spricht das Konkordanzverhältnis EZ:ZZ bei manisch-depressiven Psychosen für einen multifaktoriellen Erbgang mit Schwellenwerteffekt. (Das Merkmal wird durch sehr viele Genloci mitbedingt, um sich phänotypisch auszuprägen, müssen an einigen Loci "negative" Allele vorliegen, sind weniger Allele vorhanden, deren Wirkungen sich summieren, ist der Betreffende phänotypisch "normal").

Um Umweltfaktoren zu erkennen, die manisch-depressive Psychosen mitbedingen, sind die Angaben in der Zwillingsliteratur völlig unzureichend. Diebold (1973, S. 570) meint aber, daß vor allem psychische Belastungen in Form von Verlust- und Trennungssituationen eine Rolle spielen.

"Fragen wir schließlich nach dem, was hier eigentlich vererbt wird, so müssen wir - ähnlich wie bei den schizophrenen Psychosen feststellen: Sicher nicht die Psychose als solche, sondern primär biochemische und pathophysiologische Besonderheiten der ZNS - und/oder sonstigen Körperfunktionen, die unter unbekannten Bedingungen als psychotische Krankheitsphasen in Erscheinung treten. Bestechend ist die Theorie eines Katecholaminmangels des ZNS, namentlich des Hypothalamus, bei end-ogener Depression. Aber auch der Serotoninhirnstoffwechsel scheint betroffen zu sein." (Diebold 1973, S. 571)

In diesem Zusammenhang sei auf die zusammenfassende Darstellung der biochemischen Abnormitäten bei Psychosen bei Kanig 1973, S. 136 - 147 verwiesen. Kanig diskutiert auch die Mitbeteiligung von Erbanlagen, die nicht im Kern, sondern in den Mitochondrien liegen, bei der Psychoseauslösung. Dafür spricht, daß in den Stoffwechselprozessen, die bei Psychosen abnorm verlaufen, die Mitochondrien eine zentrale Rolle spielen. Sollte sich diese Hypothese

(siehe Kanig 1973, S. 146/147) als zutreffend herausstellen, wird der Zwillingsvergleich wertlos: Extrachromosomale (oder plasmatische) Faktoren werden per Zufall verteilt. Bezüglich dieser Anlagen gibt es keine erbgleichen Zwillinge. Die Zwillingskonkordanz könnte dann einfach als Folge unterschiedlicher Verteilung der Mitochondrien erklärt werden. Die höhere Konkordanz der EZ gegenüber ZZ zeigt aber, daß auch die im Kern lokalisierten Anlagen einen gewichtigen Einfluß haben.

Hier zeigt sich ein weiteres Problem: Mit Hilfe der Zwillingsforschung können Umwelteinflüsse nur dann nachgewiesen werden, wenn die Erbanlagen des Zellplasmas (in den Mitochondrien lokalisiert) keinen Einfluß auf das betreffende Merkmal haben.

Große Beachtung verdient die Arbeit von Schepank (1974) der 50 Zwillingspaare (21 EZ, 16 ZZ gleiches Geschlecht, 13 ZZ verschiedenen Geschlecht), von denen mindestens einer einen Psychiater konsultiert hatte, untersuchte, um festzustellen inwieweit auch Neurosen durch Erbfaktoren mitbedingt sind. Der Wert der Arbeit wird leider dadurch gemindert, daß Schepank sich bei seinen Diagnosen fast ausschließlich auf Explorationen im Sinne der Psychoanalyse stützt und auch selbst von Freud's Theorie ausgeht. Ferner wurden keine getrennten EZ mit in die Untersuchungen einbezogen.

Schepank hat das Auftreten von 657 neurotischen Einzelsymptomen, die er fand, bei EZ und ZZ verglichen. Konkordant traten bei den 21 EZ 76 (= 33 %) bei den 29 ZZ 50 (= 16 %) auf, diskordant bei den EZ 156, bei den ZZ 249. Zwischen gleichgeschlechtlichen und verschiedengeschlechtlichen ZZ sind keine signifikanten Unterschiede nachweisbar. Diese Differenz der Konkordanzwerte interpretiert Schepank im Sinne einer erblichen Mitbeteiligung bei der Ätiogenese von Neurosen. Allerdings wurde nicht berücksichtigt, daß EZ, die gemeinsam aufwachsen, eine ähnliche Umwelt haben als ZZ, da bestimmte z.T. angeborene Merkmale der verschiedenen Paarlinge bei ZZ auch verschiedene Umweltreaktionen auslösen. Auch die besondere Kommunikationslage in der sich EZ befinden (mehr Kommunikation untereinander und weniger nach außen als ZZ) könnte für die höhere Konkordanz der EZ in diesem Falle mitverantwortlich sein.

Wie dem auch sei, daß die verschiedenen Anlagen die sich entwickelnden Persönlichkeiten in unterschiedlichen Maße in die Lage

versetzen Frustrationen zu verarbeiten und mit Konflikten fertig zu werden, daran besteht nach Schepanks Befunden kein Zweifel.

Welche erblich mitbedingten Merkmale nun aber konkret für die unterschiedliche Stabilität gegenüber neurotisierenden Lebensbedingungen verantwortlich sind, bleibt offen. Wahrscheinlich spielen da die emotionale Stabilität und andere temperamentale Faktoren mit hinein.

Möglicherweise liegt auch ein Sekundäreffekt vor: Der Sozialstatus in Kindergruppen hängt wesentlich von den motorischen Fähigkeiten ab. Schlecht integrierte Kinder sind neurosegefährdeter und entwickeln sich außerdem in ihrem Sozialverhalten nicht harmonisch. Das letztere kann später ebenfalls die Entstehung einer Neurose begünstigen.

"Eine Aufdifferenzierung nach einzelnen neurotischen Symptomen erbringt den statistisch gesicherten Nachweis für die Beteiligung von Erbeeinflüssen bei neurotisch depressiven Symptomen und bestimmten Kontakt- und Verhaltensauffälligkeiten, die der schizoiden Struktur nahestehen. Für weitere einzelne Symptome unseres Kataloges waren wegen ihrer kleinen Zahl Erbeeinflüsse nicht aufzuweisen." (Schepank 1974, S. 173)

Dagegen läßt sich auch für folgende Symptomgruppen nach Schepank der Einfluß von Erbenlagen nachweisen:

1. Depressive Störungen im erweiterten Sinne (einschließlich Suicidgedanken, Insuffizienzgedanken und hypochondrische Züge)
2. orales Fehlverhalten (einschließlich Nägel knabbern, Alkohol- und Nicotinabusus, Süchte, orale Verwahrlosung, Daumenlutschen, repressive Verhaltensstörung)
3. aggressives Fehlverhalten (aggressive Verwahrlosung, Erziehungsschwierigkeiten mit aggressivem Einschlag und ungesteuerte Wutausbrüche) (Schepank 1974, S. 174)

Bei der Analyse von Umweltfaktoren, die für die mögliche Diskordanz von Zwillingen verantwortlich sein könnten, gelangt der Autor zu folgendem Ergebnis:

"Die frühkindlich stärker belasteten Probanden sind im Durchschnitt schwerer neurotisch, was für einen pathogenen Einfluß der erfaßten, gewichteten Belastungsfaktoren spricht. Die maßgeblichen neuropathogenen Umwelteinflüsse - Manifestationsbedin-

gungen im Sinne der Humangenetik - treffen den Menschen im Alter zwischen 0 und 6 Jahren ... Eine Synopsis läßt im wesentlichen drei Gruppen belastender peristatischer Faktoren erkennen, die man als emotionale Ablehnung, Fehlen wesentlicher Beziehungspersonen und spezielle zusätzliche Frustrationen/Konflikte umschreiben könnte." (Schepank 1974, S. 175)

Die Methode, mit der Schepank Freuds Theorie empirisch beweist ist recht einfach: Er weist nach, daß das Elternhaus sehr nachhaltig die Entwicklung des Kindes beeinflußt. Diesen Einfluß siedelt er, Freud folgend, in den ersten 6 Lebensjahren an, räumt aber selbst ein, daß das aus den empirischen Daten nicht folgt: die Bedingungen im Elternhaus verändern sich nur selten gravierend, sie bleiben im wesentlichen auch in späteren Lebensphasen gleich (s. Seite 177). Zum anderen können widrige Bedingungen im Elternhaus lediglich dazu beitragen, daß die Kinder später neurotisierende Umweltfaktoren schlechter verarbeiten können. Auch das diskutiert Schepank nicht, für ihn werden neurotische Charaktere in den ersten Lebensjahren endgültig geformt. Interessant ist das folgende Ergebnis, daß noch einmal verdeutlicht, daß auch Zwillinge, die zusammen aufwachsen, keine völlig gleiche "Umwelt" haben: "Dominanz über den Zwillingspartner in der Frühkindheit korreliert mit besserer psychischer Gesundheit im späteren Leben. Dominanz korreliert mit Intelligenz, sowie auch mit besseren Schulleistungen." (Schepank 1974, S. 176)

6.1. Intelligenzdefinitionen in Zwillingsuntersuchungen von Humangenetikern

Es gibt kaum zwei Humangenetiker, die halbwegs übereinstimmende Intelligenzdefinitionen verwenden. Das bedingt eine nur noch eingeschränkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse und spiegelt sich deutlich in deren Interpretation wider. Bevor ich daher einige Ergebnisse aus dem Bereich Intelligenz referiere seien einige Definitionen aus biologischen und medizinischen Arbeiten vorausgestellt:

- "Die Intelligenz wird vielmehr geradezu als die Fähigkeit definiert, neue Probleme zu lösen." (v. Bracken 1969, S. 416)
- "Der Begriff der Intelligenz ist komplexer Natur. Er schließt die Annahme der Erbllichkeit geistiger Fähigkeiten ebenso ein

wie die Kenntnis von Verhaltensweisen, welche sich der kulturellen Gegebenheiten im Rahmen der Gesellschaft bedienen.

I n t e l l i g e n t e s V e r h a l t e n stellt eine Form von Verhaltensweisen dar, bei welcher auf erblicher Grundlage das gesellschaftliche Erbe, wie Sprache, Zahlenbegriff aber auch wissenschaftliche und moralische Begriffe nutzbringend Verwendung findet. Intelligenztests bestimmen das intelligente Verhalten nicht unmittelbar, sondern erfassen jeweils nur eine besondere Form des Verhaltens, die durch Art und Weise des gegebenen Testtypus definiert ist." (Stern 1968, S. 592)

Stern geht im Gegensatz zu den meisten anderen biologisch-medizinisch orientierten Autoren von einer Theorie (wenigstens in Ansätzen) der Intelligenz aus.

Viele seiner Kollegen versuchen zu den von ihnen bevorzugten Tests nachträglich noch eine Definition zu konstruieren oder verzichten sogar ganz darauf (wie z.B. Freye). Alland kommt daher zu der resignierenden Feststellung ">Intelligenz< ist nichts als ein Allerweltswort, das dazu dient, die Ignoranz des Forschers zu verhüllen." (1970, S. 120) In diesem Zusammenhang möchte ich darauf hinweisen, daß der Terminus "gesellschaftliches Erbe", den Stern bei seiner Definition benutzt, von einigen amerikanischen Autoren herrührt, von denen ihn Dubinin nebst den daran anschließenden Reflexionen abgeschrieben hat.

6.2. Ergebnisse

Die Intelligenz ist der mit Abstand am besten bearbeitete Bereich der psychologischen Humangenetik. v. Bracken (1969, S. 417) führt das vor allem darauf zurück, daß hierzu die Psychodiagnostik gut entwickelte Meßinstrumente zur Verfügung stellen kann. Sicherlich spielt das eine Rolle, daneben dürften aber auch ideologische Beweggründe von Bedeutung sein: Von jeher wurde versucht, mit biologischen Argumenten die Herrschaft der jeweiligen Ausbeuterklasse "wissenschaftlich" zu begründen. "Die Übersicht über die Intelligenzvergleiche von EZ und ZZ hat ein sehr einheitliches Bild ergeben: Durchweg hohe Korrelationen und durchschnittlich geringe intrageminelle Differenzen bei den EZ, dagegen geringere Korrelationen und durchschnittlich größere Differenzen bei den ZZ. Allenfalls die Untersuchungen an Zwillingen von über 60 Jahren zeigten dieses Bild nicht ganz so

deutlich." (v. Bracken 1969, S. 426)

Die Humangenetik bemüht sich nun die Frage "How much of IQ is interited ?" aufzuklären.

Der Vergleich von gemeinsam aufgewachsenen EZ und ZZ ist aber recht problematisch. Darauf gehe ich im letzten Abschnitt noch ein. Die größere Ähnlichkeit gemeinsam aufgewachsener EZ gegenüber ZZ kann nicht ohne weiteres auf den Einfluß der Erbanlagen gegenüber der > Umwelt < zurückgeführt werden. Daher wurde versucht, die Frage "How much ..." mit Hilfe von Untersuchungen an getrennt aufgewachsenen EZ zu lösen.

Tabelle 15: nach Newmann/Freeman/Holzinger 1939 aus v. Bracken 1969, S. 428

Mittlere Differenzen zwischen den Zwillingspartnern

Maß	ZZ 50 Paare	EZ gemeinsam aufgw. 50 Paare	EZ getrennt aufgw. 19 Paare
Körperlänge in cm	4,4	1,7	1,8
Gewicht in	10,0	4,1	9,9
Binet IQ	9,9	5,9	8,2

Wie die folgende Tabelle zeigt, differieren aber die von verschiedenen Autoren gefundenen Werte zum Teil erheblich:

Tabelle 16: Variationsweite von Korrelationskoeffizienten zwischen den IQ von Zwillingen nach verschiedenen Autoren (aus Freye 1976, S. 240)

	r_{\min}	r_{\max}	F
ZZ versch. Geschl.	0,36	0,69	0,52
ZZ gleiches Geschl.	0,43	0,88	0,56
EZ getrennt aufgew.	0,62	0,88	0,78
Ez gemeinsam aufgew.	0,77	0,98	0,88

Es zeigt sich in allen Fällen, gemeinsam aufgewachsene EZ sind einander bezüglich der Intelligenz ähnlicher als getrennt aufgewachsene. Newman et al. versuchten nun, die größere Differenz der getrennt aufgewachsenen EZ mit der Wirkung von verschiedenen Umweltfaktoren zu erklären. "Es ergab sich eine Korrelation von 0,79 zwischen den Vorteilen von Schulbildung und Erziehung; der

Zwilling mit besserer Schulbildung und Erziehung hatte in der Regel auch den höheren Intelligenzquotienten ... Erheblich geringer war die Korrelation von Intelligenz und sozialen Umständen: 0,51. Eine nichtsignifikante Korrelation von 0,30 kam für hygienische Vorteile und Intelligenz heraus." (v. Bracken 1969, S.429)

Allerdings verdecken Mittelwerte vorkommende Extremfälle.

Tabelle 17: Verteilung der kombinierten Intelligenz-Test-Werte
(Nach Shields 1962 aus v. Bracken 1969, S. 431)

	Anzahl d. Paare	Mittlere Differenz in Punkten				V	R
		0 - 4	5 - 9	10 - 14	15 und mehr		
EZ gemeinsam	34	44 %	• 21 %	23 %	12 %	7,38	0,76
EZ getrennt	37	32 %	30 %	14 %	24 %	9,46	0,77
ZZ gemeinsam	7	14 %	14 %	14 %	57 %	13,43	0,51

Viele Autoren stützen sich bei ihrer Interpretation lediglich auf die Mittelwerte bzw. Korrelationskoeffizienten. Sie kommen dann wie Schwidetzky (1971, S. 36) zu der Folgerung, daß der Erbanteil der Intelligenzvariabilität zwischen 60 % und 90 %, wahrscheinlich um 75 % liegt. Jensen gibt eine Gesamtschätzung der Heritabilität des IQ von 0,81 (81 %) an (nach Dobzhansky 1973, S. 27)

Dabei begehen sie aber schwerwiegende methodische und methodologische Fehler (siehe Abschnitt "Methodologische Grenzen der Zwillingsmethode"). Sehr viel vorsichtiger urteilt Freye (1976, S. 239): "Die Entwicklung von Persönlichkeiten wird von Erziehung und Bildung auf der Grundlage von genetischen Faktoren bestimmt. Erziehung vermag viel, ist aber nicht allmächtig. Es kommt deshalb darauf an, aus den Anlagen eines jeden unserer Menschen ein Maximum an gesellschaftlicher Wirksamkeit zu gewinnen. Sicher kann man die kausalen Determinanten des menschlichen Intelligenzgrades - Abstammung oder Milieu - nicht in Prozentgraden angeben." (Freye 1975, S. 185) Zu ähnlichen Folgerungen gelangt Stern (1968, S. 612). Er macht auch auf den Informationsverlust aufmerksam, der bei der Mittelwertbildung eintritt: "Ein wesentlicher Teil des zuvor angegebenen mittleren Unterschiedes beruht

auf nur vier Zwillingspaaren, nämlich denjenigen, deren Schulausbildung am meisten voneinander abwich. Danach hat es den Anschein, als ob beträchtliche Unterschiede in der Umgebung durchaus imstande sind, bei EZ größere Verschiedenheiten der IQ-Punkt-Werte hervorzurufen." (Stern 1968, S. 601). D.h. wir sollten uns besonders auf solche Zwillinge konzentrieren, die sich >übernormal< ~~di-~~vergent entwickeln und feststellen, durch welche Faktoren diese unterschiedlichen Entwicklungen hervorgerufen werden. Die "konkordanten" Zwillinge können dabei als Kontrastpopulation dienen: Faktoren, die auf jeden Zwilling eines konkordanten Paares verschieden wirken, können offensichtlich nicht zur Erklärung der Diskordanz bei anderen Paaren herangezogen werden. Weiterhin können mit der Zwillingsmethode nur Faktoren untersucht werden, die in einer gegebenen Gesellschaft von Familie zu Familie variieren. Dazu schreibt Stern: "Die genetischen und umweltbedingten Anteile, wie ihre Verteilung zu irgendeinem Zeitpunkt oder an irgendeinem Ort auch sein mag, stehen in ihrer Zusammensetzung nicht fest. Je unzureichender die Umwelt ist, um so mehr tragen Verschiedenheiten der Umwelt zu individuellen Verschiedenheiten bei, Wo nur der Wohlhabende seinen Kindern eine gute Ausbildung ermöglichen kann, sind individuelle Unterschiede im Bereich kultureller Fähigkeiten in weit größerem Ausmaße umweltbedingt als dort, wo jedermann die Möglichkeit einer guten Allgemeinbildung offensteht. "Die erbliche Komponente bei den Verschiedenheiten zwischen den Menschen kann in manchen Fällen einfach als Folge einer günstiger gestalteten Umwelt zutage treten." (1968, S. 602)

So berichtet Sinz (1973, S. 113), daß der Kaiser Friedrich II. von Stauffen einige Kinder ohne jeden sozialen Kontakt aufziehen lies. Die Ammen durften die Kinder lediglich säugen und waschen, sich ihnen sonst aber in keiner Weise zuwenden. Er wollte herausfinden, welche Sprache die Kinder von Natur aus sprächen. Das grausame Experiment mißlang, weil die Kinder auf Grund der totalen Entziehung sozial-emotionalen Kontaktes alle im Laufe des ersten Lebensjahres starben. Weniger drastische Fälle sozial-emotionaler Deprivation führen dazu, daß die Kinder in ihrer intellektuellen Entwicklung gehemmt werden, sozialer Schwachsinn und

hospitalismus sind die Folge. Diese Wirkungen treten nahezu unabhängig von den Anlagen auf. Unter solchen Umständen würden sich gemeinsam aufgewachsene ZZ und EZ vollkommen konkordant entwickeln.

Es ist aus diesen Grunde sogar sinnlos, Aussagen zu formulieren wie: 70 % der Intelligenz sind vererbt. Präziser müßte es heißen: 70 % der Intelligenzunterschiede in einer gegebenen Population (der Varianz in dieser) sind genetisch bedingt. Selbst diese Feststellung wird falsch, wenn sich die Bedingungen, unter denen sich die Kinder entwickeln, ändern. Es ist aber noch aus einem anderen Grunde prinzipiell unmöglich, die Anteile von Erbanlagen und Umwelt an der Entwicklung des Menschen quantitativ exakt zu trennen: Beide Komponenten wirken nicht unabhängig voneinander. Bestimmte Umweltreize, die bei Vorhandensein bestimmter Anlagen die Entwicklung sehr nachhaltig zu beeinflussen vermögen, können sich bei Fehlen dieser Anlagen als unbedeutend erweisen. Selbst eine identische Umwelt wirkt auf jeden Genotyp (bzw. exakter auf das, was sich von den Anlagen phänotypisch manifestiert hat) anders. Sekundäre genetisch fixierte Merkmale können unter bestimmten Umständen, in dem sie ein bestimmtes Verhalten der "Umwelt" auslösen, die Persönlichkeitsentwicklung sehr nachhaltig beeinflussen. Das gilt durchaus nicht nur für geschlechtsspezifische Verhaltensweisen. Durch solche Mechanismen wird eine Pseudoheritabilität vorgetäuscht.

The question isn't how much of IQ is inherited, sondern welche Umweltfaktoren beeinflussen die Persönlichkeitsentwicklung bei welchen Anlagen optimal.

7. Methodologische Grenzen der Zwillingsmethode

Die an Zwillingen gefundenen Resultate können nicht ohne weiteres auf die Gesamtbevölkerung verallgemeinert werden, auch dann nicht, wenn die untersuchte Stichprobe per Zufall ausgewählt wurde und genügend groß ist.

Dafür gibt es folgende Ursachen:

1. Zwillinge haben im Mittel einen deutlich niedrigeren Intelligenzquotienten als Einzelkinder. Die Streuung der Intelligenz der einzelnen Zwillinge ist zudem noch größer als bei einzeln Geborenen (v. Bracken 1969, S. 435)

2. "Zwillinge leben während der intrauterinen Entwicklungsperiode in einem Milieu, das eigentlich nur für eine Frucht eingerichtet ist; sie haben also in dieser Zeit ungünstigere Entwicklungsbedingungen."
3. Zwillinge sind in der Regel Frühgeburten. Die Zahl der Totgeburten liegt erheblich höher als bei Einlingen. Frühkindliche Hirnschädigungen und andere durch die intrauterine Umwelt hervorgerufenen Schäden sind häufiger.
4. Zwillinge haben die gleiche intrauterine Umwelt. Besonders der Einwirkung von schädlichen chemischen Verbindungen sind beide in gleichem Maße ausgesetzt.
5. Die Pflege und Erziehung von Zwillingen ist für die Eltern eine größere Belastung als die von Einzelkindern. Sie können sich den beiden Partnern schon rein zeitlich nicht so intensiv zuwenden, wie das bei Einlingen der Fall ist. Mit Einzelkindern können Zwillinge daher kaum verglichen werden.
6. "Die besonderen sozialpsychologischen Verhältnisse des Zwillingspaars verzögern den Spracherwerb und den Fortschritt des verbalen Denkens." (v. Bracken 1969, S. 439)
Zwillinge (vor allem Eineiige) spielen und kommunizieren häufiger miteinander als "normale" Geschwister. Sie haben dafür oft weniger Kontakt zu anderen Kindern.
7. Eineiige Zwillinge werden von der Umwelt zu gleichartigem Verhalten angehalten. Das beginnt schon bei gleicher Kleidung. EZ werden darüber hinaus oft verwechselt (z.B. auch in der Schule, das habe ich aus meinem Schulpraktikum noch in guter Erinnerung). Einer erhält also - unverdient - die Drehscheibe des anderen mit. Damit wird bei den EZ oft ein Streben nach Uniformität entwickelt. Ältere EZ streben oft auch dann nach Uniformität, wenn kein "Umweltdruck" vorhanden ist. Beide haben zudem oft noch die gleichen Freunde usw. Das schafft für die EZ einzigartige Bedingungen, die sie von einzelgeborenen Kindern unterscheiden.
Für ZZ spielen diese Faktoren auch eine Rolle, aber weit schwächer. Selbst ZZ sind aber nicht repräsentativ für Geschwister verschiedenen Alters.

Weitere Probleme bei der Interpretation von Zwillingsuntersuchungen:

8. Bei der Beurteilung der Untersuchungen an getrennten EZ muß beachtet werden, daß die Familien, in denen die Paarlänge aufwachsen sich oft nicht sehr stark unterscheiden. Die Behörden, welche die Pflegekinder unterzubringen haben, bemühen sich in der Regel darum, Pflegefamilien auszuwählen, die den ursprünglichen Familien der Kinder entsprechen. In einer Anzahl von Fällen wurden die Zwillinge von Verwandten aufgenommen. (vgl. v. Bracken 1969, S. 429)
9. Die Eligkeitsdiagnose läßt sich nicht immer eindeutig durchführen. In seltenen Fällen sind auch ZZ sehr ähnlich (ZZ haben im Mittel 50 % der Anlagen gemeinsam, ihre Variabilität reicht von 0 % bis 100 % gemeinsamer Anlagen und folgt einer Normalverteilung, zufällig können gerade die Merkmale übereinstimmen, die bei der Eligkeitsdiagnose benutzt werden). In seltenen Fällen können auch bei ZZ über Bildung von Anastomosen im plazentalen Kreislauf Blutantigene ausgetauscht werden. In dem Fall versagt auch der Serumtest. (Penrose 1965, S. 70) Mc Kusick (1968) gibt ein Verfahren an, mit der die Wahrscheinlichkeit der Monozygotie von Zwillingen exakt berechnet werden kann.
10. EZ kommen bei den verschiedenen Rassen etwa gleichhäufig vor (Mc Kusick 1968, S. 75). Die Geburt von EZ ist darüber hinaus auch vom Alter der Mutter unabhängig (Mc Kusick 1968, S. 75)
Dagegen nimmt die Häufigkeit von ZZ mit steigendem Alter der Mutter deutlich zu. Das kann dazu führen, daß verschiedene Sozialschichten bei den ZZ unterrepräsentiert sind. ZZ und EZ können dann nur bedingt verglichen werden, wenn das Alter der Eltern (bzw. deren Zugehörigkeit zu den verschiedenen sozialen Schichten) nicht berücksichtigt wird.
11. Noch einmal zur Anlage-Umwelt-Wechselwirkung:
Bestimmte Merkmale, die stark von den Anlagen beeinflusst werden, lösen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eine Serie von aufeinanderfolgenden Umweltreaktionen aus. Das trifft zum Beispiel auf die sportliche Befähigung zu. Ist also ein ZZ sportlich so befähigt, daß er systematisch ge-

fördert wird, vergrößert die "Umwelt" die ursprüngliche anlagebedingte Merkmalsdiskordanz. In vielen Fällen werden durch die Umwelt genetisch bedingte Differenzen beträchtlich erweitert. Wird das nicht beachtet, täuscht der Heritabilitätskoeffizient einen übermäßig großen genetischen Varianzanteil vor.

Daß es auch den umgekehrten Fall bei Zwillingen gibt (genetisch bedingte Unterschiede können durch eine Art "Konformitätsdruck" verdeckt werden), hatte ich bereits erwähnt.

Aus diesem Grunde glaube ich, daß es günstiger ist, die Varianz der Umweltfaktoren zu der Intrapaarmerkmalsvarianz ins Verhältnis zu setzen und dann EZ und ZZ zu vergleichen. Außerdem halte ich bei der statistischen Auswertung varianz- bzw. kovarianzanalytische Verfahren, mit deren Hilfe "störende" Variable ausgeschaltet werden können, für gut geeignet. Wahrscheinlich muß dazu ein neues DV-Programm entwickelt werden.

12. Der Intrapaarvergleich setzt natürlich Meßinstrumente voraus, deren Reliabilität eine Individualdiagnose zuläßt.

Literatur:

- Alland, A. "Evolution und menschliches Verhalten" Frankfurt/M. 1970
- v. Bracken, H. "Humangenetische Psychologie" in P.E. Becker (Herausgeber)
"Humangenetik - ein kurzes Handbuch in fünf Bänden" Band I/2 Stuttgart 1969, S. 409 - 561
- v. Bracken, H. "Kurze Mitteilung über genetische und ökologische Determination von Neurosen" Psychol. Beitr. 14, 1972, S. 476 - 480
- Diebold, K. "Theoretische und klinische Aspekte der Erb- und Umweltbedingtheit endogener Psychosen" in "Fortschritte der Neurologie - Psychiatrie und ihrer Grenzgebiete" 41 (1973), S. 559 - 575
- Dobzhansky, Th. "Intelligenz: Vererbung und Umwelt" Darmstadt 1973
- Freye, H.A. "Humangenetik" Berlin 1975
- Freye, H.A. "Kurzer Abriß der Humangenetik" in H. Böhme, R. Hagemann, R. Lötter, "Beiträge zur Genetik und Abstammungslehre" Berlin 1976, S. 198 - 256
- Fuhrmann, W. "Taschenbuch der allgemeinen und klinischen Humangenetik" Stuttgart 1965
- Fuhrmann, W. "Fehlbildungen des Herzens und der großen Gefäße" in E.P. Becker "Humangenetik ..." Band III/2 Stuttgart 1972, S. 257 - 327
- Galton, F. "Genie und Vererbung" Leipzig 1910
- Günther, E. "Grundriß der Genetik" Jena 1969
- Jörgensen, G. "Genetik des hohen Blutdrucks" in R. Heintz, H. Losse "Arterielle Hypertonie" Stuttgart 1969, S. 169 - 177

- Maschke, W. "Grundzüge der Neurophysiologie" Jena 1975
- Jörgensen, W. "Blutdruckkrankheiten" in P.E. Becker
"Humangenetik ..." Band III/2 Stuttgart 1972
- Kanig, K. "Neurochemie" Jena 1973
- Klissouras, V. "Genetic Limit of Functional Adaptability"
Int. Z. angew. Physiol. 30, S. 85 -94 (1972)
- Koch, G. "Epilepsien" in P.E. Becker, "Humangenetik..
Band V/2 Stuttgart 1967, S. 1 -83
- Kovár, R. "Motor performances in twins" Acta Genet.
Med. Gemellol. (1975), 24, S. 174
- Lenz, W. "Medizinische Genetik" Stuttgart 1970
- Liebing, M. "Kataamnestische Untersuchungen bei frühge-
borenen Kindern" Ärztliche Jugendkunde
63. Band, Heft 1, 1972, S. 1 - 9
- Mc Kusick, V.A. "Humangenetik" Stuttgart 1968
- Penrose, L.S. "Einführung in die Humangenetik" Berlin,
Heidelberg, New York 1965
- Schepank, H. "Erb- und Umweltfaktoren bei Neurosen"
Berlin, Heidelberg, New York 1974
- Schwitezky, J. "Das Menschenbild der Biologie" Stuttgart
1971
- Sergijenko, L.P. "Isskiovanije vli-ani'a nasledstvennych i
sredovyh faktorov na dvižatel'nyh
kačestv čeloveka-Avtorreferat" Moskva 1975
- Sinz, R. "lernen und Gedächtnis" Berlin 1973
- Stern, C. "Grundlagen der Humangenetik" Jena 1968
- Straaß, G. "Sozial-anthropologie" Jena 1976
- Susanne, Ch./Defrise "Recherches concernant l'hérilabilité des
caractères anthropologiques mesurables"
Bull. Mém. Soc. Anthropol. Paris 7, S. 191-
224 (1971)

- Vogel, F. "Lehrbuch der allgemeinen Humangenetik"
Berlin, Heidelberg, New York 1961
- Zerbini-Rudin, E. "Idiopathischer Schwachsinn" in P.E. Becker
"Humangenetik..." Band V/2, S. 158-205
Stuttgart 1967
- Zerbini-Rudin, E. "Genetische Aspekte der endogenen Psycho-
sen" "Fortschritte der Neurologie - Psy-
chiatrie und ihrer Grenzgebiete" 39 Jg.
Heft 9, S. 459 - 499 (1971)

ZIJ 194/76 Ka (35)